

BEST AVAILABLE COPY



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

#5
Priority Date
30 8-3-01

1-986 U.S. PTO

09/780265



02/09/01

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00102911.5

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

Joanna Marnell

MÜNCHEN, DEN
MUNICH,
MUNICH, LE

14/11/00



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 00102911.5
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 12/02/00
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Wavetek Wandel Goltermann Eningen GmbH & Co.
72800 Eningen u. A.
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

Lichtwellenleiter mit integrierter Eintrittsblende für ein optisches Spektrometer

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:
G02B6/25, G02B6/24, G01J3/02

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

Stuttgart, 08.02.2000
P7483EP Rk/pa

Anmelder:

Wavetek Wandel Goltermann
Eningen GmbH & Co.
Mühleweg 5
D-72800 Eningen

EPO-Munich
51

12. Feb. 2000

Vertreter:

Kohler Schmid + Partner
Patentanwälte GbR
Ruppmannstraße 27
D-70565 Stuttgart

Lichtwellenleiter mit integrierter Eintrittsblende
für ein optisches Spektrometer

Die Erfindung betrifft einen Lichtwellenleiter, dessen eines Ende eine ebene Eintrittsfläche für das in den Kern des Lichtwellenleiters einzukoppelnde Licht aufweist, sowie ein optisches Spektrometer mit einem solchen Lichtwellenleiter.

Bei einem optischen Spektrum-Analysator ist am Ausgang seiner Optik im Lichtpfad ein Ausgangsspalt erforderlich, um eine Wellenlängenselektion zu erzielen. Die Breite des Ausgangsspaltess bestimmt mit den anderen Parametern der Optik die Wellenlängenauflösung des Spektrum-Analysators. Für eine hohe Wellenlängenauflösung bei möglichst kleiner Baugröße ist es vorteilhaft, wenn die Optik des Spektrum-Analysators beugungsbegrenzt ist, d.h., nicht durch die Fehler der Optik, sondern durch die Wellennatur des Lichts ist die Auflösung begrenzt.

In der optischen Nachrichtentechnik ist es üblich, Licht mit einer Wellenlänge von ca. $1,25\text{ }\mu\text{m}$ bis ca. $1,65\text{ }\mu\text{m}$ in einen Singlemode-Glasfaser-Lichtwellenleiter einzukoppeln. In diesem Fall wird die optimale Wellenlängenauflösung bei einer Spaltbreite von ca. $10\text{ }\mu\text{m}$ erreicht. Bei noch kleineren Spaltbreiten wird die Wellenlängenauflösung nicht mehr besser, sondern es steigt dann nur noch die Dämpfung.

Um einen Eingangsspalt für einen Lichtwellenleiter herzustellen, ist es bekannt, einen freitragenden Spalt in Form einer dünnen Metallfolie zu verwenden. Durch entsprechende Bearbeitung, z.B. mittels eines Hochleistungslasers, wird in der Metallfolie ein Spalt mit der gewünschten Breite erzeugt. Allerdings verursacht dieser Spalt unerwünschte polarisationsabhängige Verluste (engl.: Polarization Dependent Loss (PDL)). Diese PDL-Verluste sind um so höher, je dicker die Folie und je schmaler der Spalt ist. Die PDL-Verluste werden insbesondere dann sehr hoch, wenn die Spaltbreite in den Bereich der Beugungsbegrenzung kommt.

Eine solche Metallblende kann auch am Ende des Lichtwellenleiters justiert und festgeklebt werden. Allerdings sind Justierung und Klebung der Metallblende mit relativ viel Aufwand verbunden, und zusätzlich verursacht die reflektierende Metallblende unerwünschte Rückreflexionen.

Schließlich kann als Eingangsspalt auch die Singlemode-Glasfaser selbst verwendet werden, deren Kerndurchmesser ca. $9\text{ }\mu\text{m}$ (bei einem Modenfelddurchmesser von ca. $10,5\text{ }\mu\text{m}$ und einer Wellenlänge von $1,55\text{ }\mu\text{m}$) beträgt. Allerdings ist der Ausgangsspalt dann kreisförmig, so daß bereits bei einer kleinen Veränderung des eintretenden Lichtstrahls relativ zum Ausgangsspalt senkrecht zur Dispersionsrichtung des Lichtes eine hohe Zunahme der Dämpfung auftritt. Bei Veränderung der Umgebungsbedingungen (z.B. Temperatur, Alterung) oder bei mechanischen Belastungen (z.B. Schock, Vibration) ist daher die Gefahr sehr hoch, daß eine Leistungsanzeige einen falschen Wert anzeigt.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der Erfindung, einen Lichtwellenleiter der eingangs genannten Art mit einem Eingangsspalt auszubilden, welcher eine geringe Rückreflexion besitzt und mit relativ geringem Aufwand hergestellt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Eintrittsfläche schmäler als der Kerndurchmesser des Lichtwellenleiters ist und daß um die Eintrittsfläche herum das Ende des Lichtwellenleiters jeweils seitlich bis auf die Eintrittsfläche abgeschrägt ist.

Bevorzugt ist dabei das Ende des Lichtwellenleiters nur an den beiden Längsseiten der rechteckig ausgebildeten Eintrittsfläche abgeschrägt und symmetrisch bezüglich einer Axialebene des Lichtwellenleiters.

Üblicherweise werden Glasfaser-Lichtwellenleiter am Ende gerade oder unter einem Winkel poliert. Wird die End- oder Stirnseite des Lichtwellenleiters an zwei einander diametral gegenüberliegenden Seiten schräg (z.B. jeweils unter 45°) anpoliert, so bleibt bei geeigneten Dimensionen und Winkeln in der Mitte des Lichtwellenleiters eine rechteckförmige Eintrittsfläche in Form eines Steges stehen, durch den Licht in den Kern des Lichtwellenleiters eingekoppelt werden kann. Nur das Licht, das auf diese Eintrittsfläche fällt, sollte in den Kern gelangen und dort geführt werden.

Für Licht mit einer Wellenlänge von ca. $1,25\text{ }\mu\text{m}$ bis ca. $1,65\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise von ca. $1,55\text{ }\mu\text{m}$, ist bei Lichtwellenleitern mit einem Kerndurchmesser von ca. $50\text{ }\mu\text{m}$ die Eintrittsfläche und damit der wirksame Eingangsspalt bevorzugt ca. $10\text{ }\mu\text{m}$ breit. Wenn die Eintrittsfläche mindestens so lang wie der Kerndurchmesser des Lichtwellenleiters ist, ergibt sich eine Eintrittsfläche von ca. $10\text{ }\mu\text{m} \times 50\text{ }\mu\text{m}$, deren schmalere Seite die Wellenlängenauflösung bestimmt. Die längere Seite ist die Toleranzrichtung, in welcher der einzukoppelnde Lichtfleck wandern kann, ohne daß sich die eingekoppelte Leistung ändert. Obwohl ein Kerndurchmesser von ca. $50\text{ }\mu\text{m}$ bevorzugt ist, können prinzipiell auch Lichtwellenleiter mit größeren Kerndurchmessern verwendet werden.

Glasfaser-Lichtleiter mit typischen Manteldurchmessern von ca. $125\text{ }\mu\text{m}$ sind allerdings sehr schwer zu polieren, da sie sehr leicht brechen. Es ist deshalb vorteilhaft, wenn das

Faserende in einer Halterung aufgenommen ist und zusammen mit der Halterung poliert wird. Als Halterung kann beispielsweise ein Stecker für das Faserende dienen, oder mehrere Glasfaser-Lichtleiter können in entsprechende Nuten zweier Sandwichplatten gelegt werden, die dann samt den darin aufgenommenen Faserenden schräg abgeschliffen werden.

Das Ende des Lichtwellenleiters ist so abgeschrägt, daß in die Schrägflächen einfallendes Licht möglichst nicht im Kern des Lichtwellenleiters weitergeführt wird. Die Winkel der Schrägflächen sind dabei so gewählt, daß das Licht, das über die Schrägflächen einfällt, nicht im Kern weitergeführt wird. Dabei sind steilere Winkel vorteilhaft, da das unerwünschte Licht in der Faser dann steil reflektiert wird und diese schnell wieder verläßt oder vernichtet wird und so möglichst wenig in den Kern überkoppelt. Das in die Schrägflächen eintretende Licht wird fort vom Kern gebrochen und im Mantel des Lichtwellenleiters bis zur Absorption geführt.

Bei einer weiteren Ausführungsform, die erfindungsgemäß auch in Alleinstellung vorgesehen sein kann, ist die Eintrittsfläche schmaler als der Kerndurchmesser des Lichtwellenleiters, wobei um die Eintrittsfläche herum eine aufgedampfte lichtundurchlässige Metallschicht vorgesehen ist.

Die aufgedampfte lichtundurchlässige Metallschicht dient als Blende, so daß Licht in den Lichtwellenleiter nur über die Eintrittsfläche einkoppeln kann. Da die Dicke der aufgedampften Metallschicht im Vergleich zu einer Metallfolie sehr dünn ist, treten näherungsweise keine PDL-Verluste auf.

Die Erfindung betrifft auch ein optisches Spektrometer, insbesondere einen optischen Spektrum-Analysator, mit einem Detektor für das durch einen Ausgangsspalt hindurchtretende Licht, wobei erfindungsgemäß der Ausgangsspalt durch das wie oben beschrieben ausgebildete lichteintrittsseitige Ende eines Lichtwellenleiters gebildet ist, an dessen anderem Ende der Detektor angeordnet ist.

Durch den Lichtwellenleiter ist der Detektor samt zugehöriger Elektronik räumlich von der Optik des Spektrometers getrennt bzw. entkoppelt. Der Ausgangsspalt der Optik ist durch die vorzugsweise rechteckige Eintrittsfläche des abgelenkten Lichtwellenleiters gebildet. Wenn die schmalere Spaltseite in der Größenordnung des Kerndurchmessers einer Singlemodefaser (ca. $10\text{ }\mu\text{m}$ bei Wellenlängen von ca. $1,55\text{ }\mu\text{m}$) liegt, so kann eine hohe Wellenlängenauflösung erzielt werden. Innerhalb eines z.B. $50\text{ }\mu\text{m}$ langen Spalts kann der einzukoppelnde Lichtfleck senkrecht zur Dispersionsrichtung des Lichts dann in Längsrichtung entsprechend weit wandern, bis am Detektor eine Leistungsänderung auftritt.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigt:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtwellenleiters in perspektivischer Ansicht;
- Fig. 2 eine Seitenansicht des in Fig. 1 gezeigten Lichtwellenleiters;
- Fig. 3 den typischen Aufbau eines optischen Spektrum-Analysators und mit dem in Fig. 1 gezeigten Lichtwellenleiter; und
- Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtwellenleiters in perspektivischer Ansicht.

Der in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigte Lichtwellenleiter 10 ist eine Glasfaser mit einem Kern 11 (Kerndurchmesser d) und einem Mantel 12 (Manteldurchmesser D). Das dargestellte lichteintrittsseitige Ende des Lichtwellenleiters 10 ist dachförmig mit einer den "Dachfirst" bildenden ebenen Stegfläche 13 und zwei seitlichen Schrägflächen 14 ausgebildet.

Diese Dachform läßt sich herstellen, indem das Ende des Lichtwellenleiters an zwei einander diametral gegenüberliegenden Seiten z.B. durch Polieren so angeschrägt wird, daß stirnseitig in der Mitte des Lichtwellenleiters 10 die Stegfläche 13 in Form eines etwa rechteckigen Dachfirsts stehenbleibt. Die innerhalb des Kerndurchmessers d liegende Stegfläche 13 bildet eine näherungsweise rechteckige Eintrittsfläche 15, durch die Licht in den Kern 11 einkoppeln kann. Die Schmalseite der rechteckigen Eintrittsfläche 15 ist kleiner als der Kerndurchmesser d , während ihre Längsseite

etwa dem Kerndurchmesser d entspricht. Die Schmalseite ist die Dispersionsrichtung, die die Wellenlängenauflösung bestimmt. Die Längsseite ist die Toleranzrichtung, in der ein einzukoppelnder Lichtfleck wandern kann, ohne daß sich die eingekoppelte Leistung ändert.

Die Winkel der Schrägflächen 14 (im gezeigten Ausführungsbeispiel etwa 45°) sind so gewählt, daß möglichst alles Licht, das über die Schrägflächen 14 in den Lichtwellenleiter 10 einfällt, nicht im Kern 11 weitergeführt wird. Das in die Schrägflächen 14 eintretende Licht wird fort vom Kern 11 gebrochen und im Mantel 12 des Lichtwellenleiters 10 bis zur Absorption geführt. Die Eintrittsfläche bildet auf dem Lichtwellenleiter 10 somit eine Schlitzblende.

Für Licht mit einer Wellenlänge von ca. $1,25 \mu\text{m}$ bis ca. $1,65 \mu\text{m}$, insbesondere von ca. $1,55 \mu\text{m}$, ist die Eintrittsfläche 15 vorzugsweise ca. $10 \mu\text{m}$ schmal, so daß bei einem typischen Kerndurchmesser d von ca. $50 \mu\text{m}$ die Eintrittsfläche 15 ca. $10 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ beträgt.

Die Schrägflächen 14 sind vorzugsweise gegenüber der Eintrittsfläche 15 um einen Winkel α (Fig. 2) abgewinkelt, der folgender Ungleichung genügt:

$$\frac{n_{Cl}}{n_{Co}} > \sqrt{1 - \left[\frac{\sin(\alpha + \alpha_2)}{n_{Co}} \right]^2} * \cos(\alpha) + \frac{\sin(\alpha + \alpha_2)}{n_{Co}} * \sin(\alpha),$$

wobei n_{Co} der Brechungsindex des Kerns 11, n_{Cl} der Brechungsindex des Mantels 12 und α_2 der Einfallswinkel des Lichtstrahls zur Normalen der Eintrittsfläche 15 ist.

In Fig. 3 ist der typische Aufbau eines optischen Spektrum-Analysators 20 gezeigt. Das über einen Eingangsspalt 21 eintretende Licht wird über eine Linse 22 auf ein optisches Reflexionsgitter 23 kollimiert, das die im Licht vorhandenen Wellenlängen unterschiedlich stark beugt. Nur das auf die Eintrittsfläche 15 des Lichtwellenleiters 10 auftreffende Licht wird zu einem Detektor 24 (z.B. eine Photodiode) weitergeleitet, so daß sich die Lichtintensität bei einer bestimmten Wellenlänge messen läßt. Durch Drehen des Reflexionsgitters 23 in Richtung des Doppelpfeils 25 kann die jeweils gemessene Wellenlänge geändert werden. Durch den Lichtwellenleiter 10 ist der Detektor 24 räumlich von der Optik des Spektrum-Analysators 20 getrennt bzw. entkoppelt. Der Ausgangsspalt der Optik ist durch die vorzugsweise rechteckige Eintrittsfläche 15 des abgeschrägten Lichtwellenleiters 10 gebildet. Wenn die Schmalseite der Eintrittsfläche 15 in der Größenordnung des beugungsbegrenzten Lichtstrahls (ca. $10\text{ }\mu\text{m}$ bei einer Wellenlänge von ca. $1,55\text{ }\mu\text{m}$) liegt, kann die optimale Wellenlängenauflösung erzielt werden. Innerhalb einer z.B. $50\text{ }\mu\text{m}$ langen Eintrittsfläche 15 kann der einzukoppelnde Lichtfleck senkrecht zur Dispersionsrichtung des Lichts dann entsprechend weit in Längsrichtung wandern, bis am Detektor 24 eine Leistungsänderung auftritt.

Fig. 4 zeigt einen Lichtwellenleiter 30 mit Kern 31 und Mantel 32. Mit Ausnahme einer innerhalb des Kerns 31 liegenden Eintrittsfläche 33 ist die lichteintrittsseitige Stirnseite des Lichtwellenleiters 30 mit einer aufgedampften lichtundurchlässigen Metallschicht 34 versehen. Diese lichtundurchlässige Metallschicht 34 dient als Blende, so daß Licht in den Lichtwellenleiter 30 nur über die Eintrittsfläche 33 einkoppeln kann.

Patentansprüche

EPO-Munich
51

12 Feb. 2000

1. Lichtwellenleiter (10), dessen eines Ende eine ebene Eintrittsfläche (15) für das in den Kern (11) des Lichtwellenleiters (10) einzukoppelnde Licht aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsfläche (15) schmaler als der Kerndurchmesser (d) des Lichtwellenleiters (10) ist und daß um die Eintrittsfläche (15) herum das Ende des Lichtwellenleiters (10) jeweils seitlich bis auf die Eintrittsfläche (13) abgeschrägt ist.
2. Lichtwellenleiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Lichtwellenleiters (10) nur an den beiden Längsseiten der rechteckig ausgebildeten Eintrittsfläche (15) abgeschrägt ist.
3. Lichtwellenleiter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Lichtwellenleiters (10) so abgeschrägt ist, daß in die Schrägflächen (14) einfallendes Licht nicht im Kern (11) des Lichtwellenleiters (10) weitergeführt wird.
4. Lichtwellenleiter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Lichtwellenleiters (10) symmetrisch bezüglich einer Axialebene des Lichtwellenleiters (10) ist.
5. Lichtwellenleiter (10; 30), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

daß die Eintrittsfläche (15; 33) schmaler als der Kerndurchmesser (d) des Lichtwellenleiters (10; 30) ist und daß um die Eintrittsfläche (15; 33) herum eine aufgedampfte lichtundurchlässige Metallschicht (34) vorgesehen ist.

6. Lichtwellenleiter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsfläche (15; 33) mindestens so lang wie der Kerndurchmesser (d) des Lichtwellenleiters (10; 20) ist.
7. Optisches Spektrometer, insbesondere optischer Spektrum-Analysator (20), mit einem Ausgangsspalt und einem Detektor (24) für das durch den Ausgangsspalt hindurchtretende Licht, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangsspalt durch das nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildete lichteintrittsseitige Ende eines Lichtwellenleiters (10; 30) gebildet ist, an dessen anderem Ende der Detektor (24) angeordnet ist.

Fig. 1

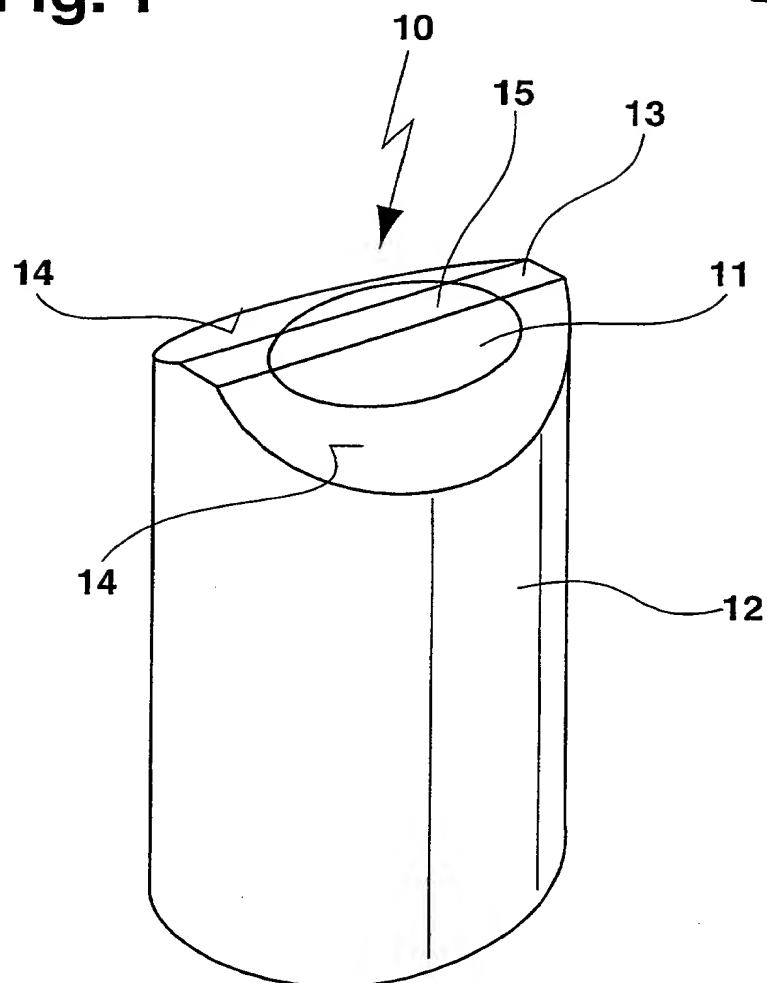


Fig. 2

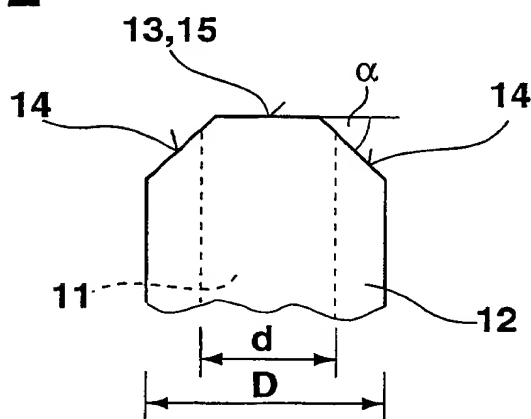


Fig. 3

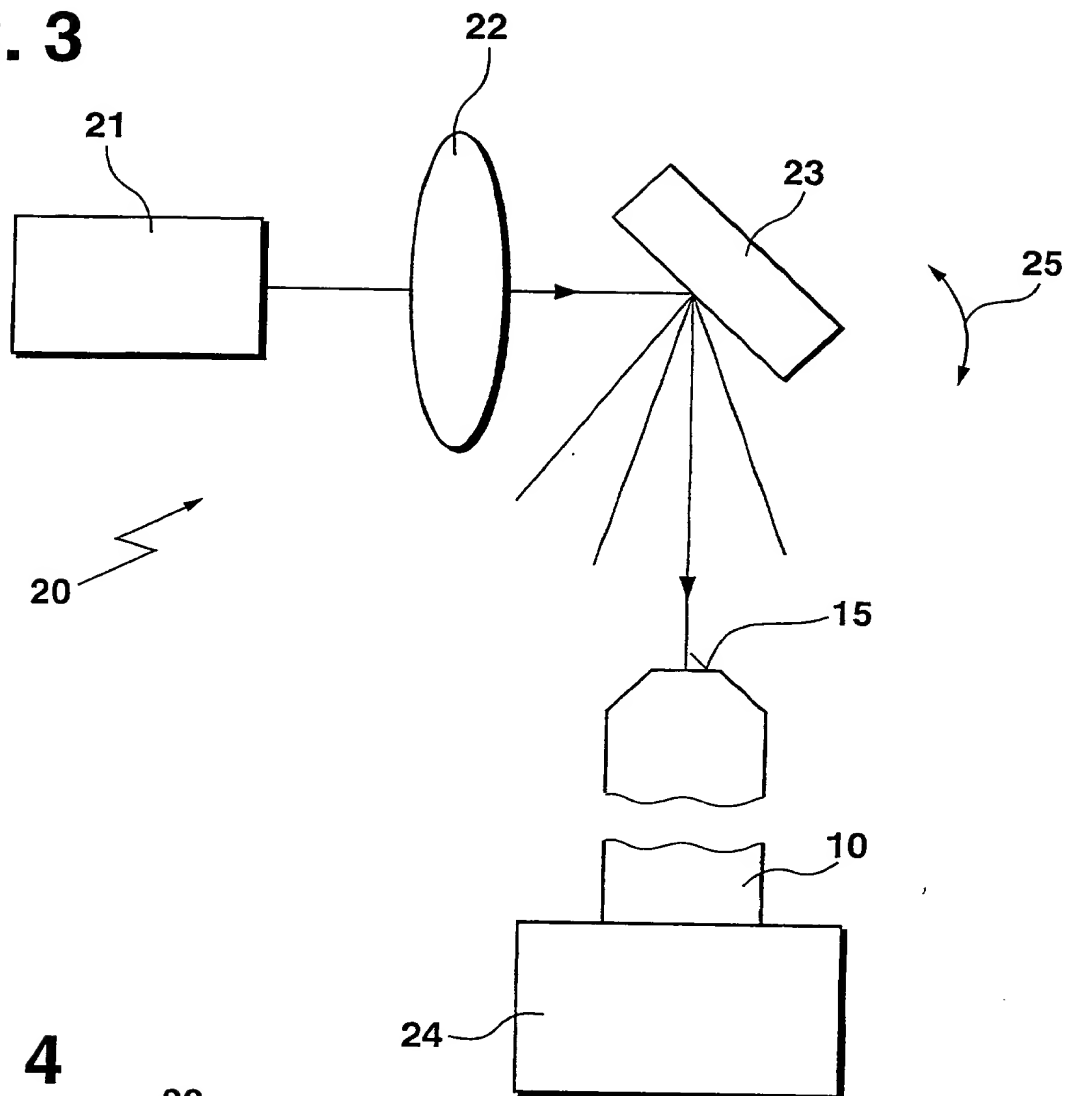
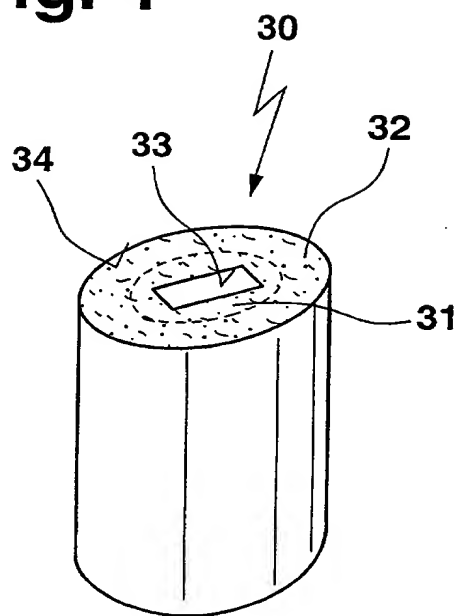


Fig. 4



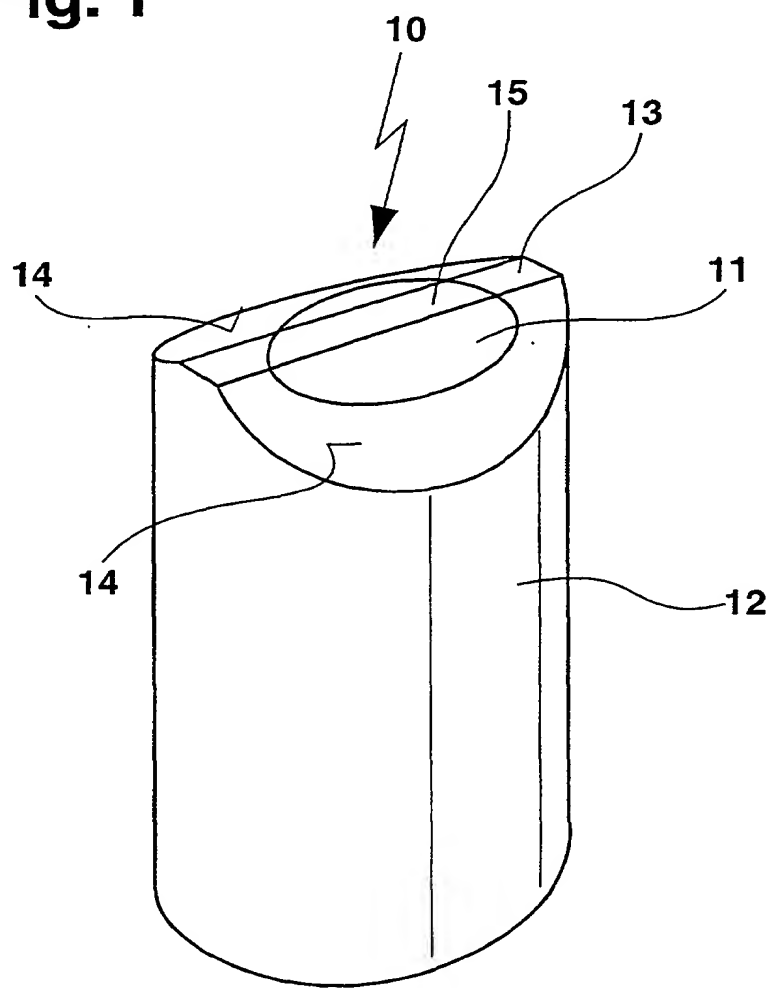
12 Feb. 2000

Zusammenfassung

Bei einem Lichtwellenleiter (10), dessen eines Ende eine ebene Eintrittsfläche (15) für das in den Kern (11) des Lichtwellenleiters (10) einzukoppelnde Licht aufweist, ist die Eintrittsfläche (15) schmaler als der Kerndurchmesser (d) des Lichtwellenleiters (10) und ist um die Eintrittsfläche (15) herum das Ende des Lichtwellenleiters (10) jeweils seitlich bis auf die Eintrittsfläche (13) abgeschrägt. Nur das Licht, das auf diese Eintrittsfläche (15) fällt, gelangt in den Kern (11) und wird dort geführt.

(Fig. 1)

Fig. 1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.